



(19)

(11) Publication number:

06164049 A

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 04313874

(51) Intl. Cl.: H01S 3/133

(22) Application date: 25.11.92

(30) Priority:

(43) Date of application  
publication: 10.06.94

(84) Designated  
contracting states:

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: IMAI KEISUKE  
MISAIZU SETSUO

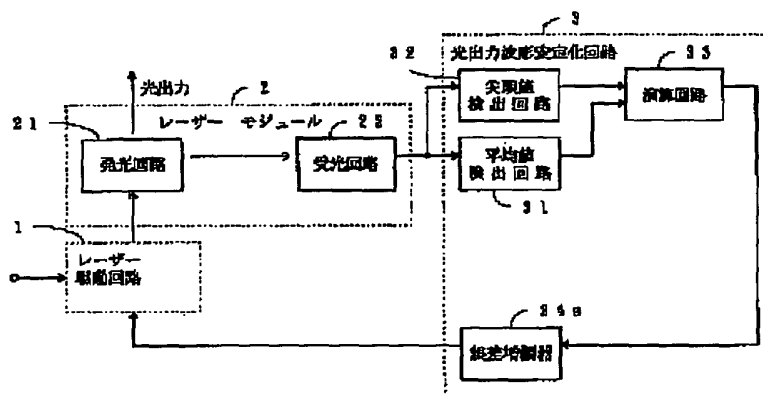
(74) Representative:

### (54) TABILIZATION CIRCUIT OF OPTICAL OUTPUT WAVEFORM

(57) Abstract:

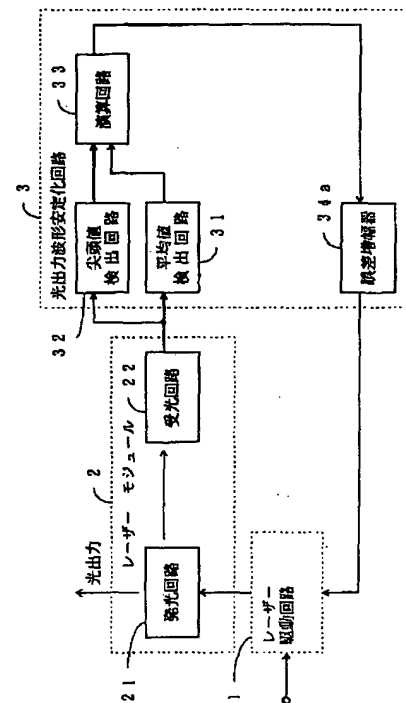
**PURPOSE:** To keep an optical output waveform definite by a method wherein a voltage which is proportional to the difference between a voltage which is twice the average-value voltage of a signal obtained by electrically converting a beam of monitoring light in a laser module and a peak-value voltage is generated and the generated voltage is fed back to a laser drive circuit.

**CONSTITUTION:** Outputs from an average-value detection circuit 31 and a peak-value detection circuit 32 are applied to an operation circuit 33, and a voltage which is proportional to the difference voltage between a voltage which is twice the average-value voltage of an output waveform and a peak-value voltage is generated in the operation circuit 33. A change in the generated voltage is fed back to a laser drive circuit 1 via an error amplifier 34a. Thereby, the upper and lower symmetry and the extinction ratio of an optical output waveform are kept definite, and its amplitude can be controlled to be definite. Fluctuations in surroundings such a fluctuation in a power supply, a fluctuation in a temperature and the like can be suppressed.



COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(11)特許出願公開番号



## 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光回路と、該発光回路が出力するモニター光の受光回路を有するレーザーモジュールと、該レーザーモジュールの発光回路を駆動する駆動回路を有する光送信装置における、前記レーザーモジュールの発光回路の出力波形を安定化する光出力波形安定化回路であって、

レーザーモジュールの発光回路が出力するモニター光を、受光回路が電気変換して出力する電気信号を、平均値検出回路と尖頭値検出回路に入力し、該二つの検出回路が出力する平均値電圧と尖頭値電圧を演算回路に印加し、該演算回路によって、平均値電圧の2倍の電圧と尖頭値電圧の差電圧に比例する電圧を生成し、該生成された電圧をレーザー駆動回路に帰還する構成を設けることを特徴とする光出力波形安定化回路。

【請求項2】 請求項1記載の光出力波形安定化回路において、

演算回路によって生成された、平均値電圧の2倍の電圧と尖頭値電圧の差電圧に比例する電圧を、入力データ信号の論理振幅の中心値電圧を供給する、レーザー駆動回路が有する参照電圧制御端子に帰還することを特徴とする光出力波形安定化回路。

【請求項3】 請求項1記載の光出力波形安定化回路において、

演算回路によって生成された、平均値電圧の2倍の電圧と尖頭値電圧の差電圧に比例する電圧を、入力データ信号がローレベルにある時のレーザーダイオードの電流を決定する、レーザー駆動回路が有するバイアス電流制御端子に帰還することを特徴とする光出力波形安定化回路。

【請求項4】 請求項1記載の光出力波形安定化回路において、

演算回路によって生成された、平均値電圧の2倍の電圧と尖頭値電圧の差電圧に比例した電圧を、レーザー駆動回路が有する参照電圧設定端子と、バイアス電流制御端子に帰還する構成を特徴とする光出力波形安定化回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光送信装置に適用される光出力波形安定化回路に係り、特に、出力振幅、波形の上下対称性、消光比を安定化することができる光出力波形安定化回路に関する。

【0002】 光通信は、光ファイバの低損失性／広帯域性、光信号と電気信号の無干渉性によって、社会の通信インフラである基幹通信網をはじめとして、企業の構内通信網や、電算機システムの装置間配線など、極めて広い範囲にわたって利用されている。

【0003】 光通信における変調方式には、入力データ信号のレベルを発光素子の光出力レベルに変換する直接

## 2

変調方式と、発光素子からは一定レベルの光出力を取り出し、光導波路において、入力データ信号によって送出レベルを制御する外部変調方式がある。これらは各々に適した分野で使い分けられて適用されてゆくものと思われるが、先に開発されて、既に大量に導入されている直接変調方式が、主流であり続けるものと予想される。この意味で、直接変調方式に関する技術開発は、今後とも重要である。

【0004】 発光素子について見ると、当初は発光ダイオードが使用されていたが、特に、高速応答性の面からレーザーダイオードに置換えられ、現在通信分野ではレーザーダイオードのシェアがほぼ100%である。従って、レーザーダイオードを使用した直接変調方式での技術開発が活発に続けられており、特に、入力波形変動、電源変動、レーザーダイオード自体の特性変動が生じた時などにも、常に光出力の振幅、波形の上下対称性、消光比を一定に保つ技術の開発が強く望まれている。

## 【0005】

【従来の技術】 図8は、従来の光出力波形安定化回路の動作を説明する、光送信装置のブロック図である。

【0006】 図8において、1はレーザー駆動回路、11は入力回路、12は第一の電流源回路、13は第二の電流源回路、14は参照電圧設定回路、2はレーザーモジュール、21は発光回路、22は受光回路、23は温度検出器、3bは光出力波形安定化回路、31は平均値検出回路、35は第二の誤差増幅器、36は第三の誤差増幅器である。

【0007】 入力回路は、入力データ信号と参照電圧設定回路の出力電圧との差に対応する電圧を生成し、第一の電流源回路に印加する。該第一の電流源回路は、入力データ信号の振幅に対応して出力光振幅を決定するパルス電流を、発光回路のレーザーダイオードに供給する。又、第二の電流源回路は、第一の電流源回路と発光回路の接続点に接続されて、入力データ信号がローレベルの時の電流であるバイアス電流を、レーザーダイオードに供給する。

【0008】 レーザーダイオードの発光出力の大部分は光ファイバに入力され、送出される。同時にレーザーダイオードの発光出力の一部であるモニター光が受光回路のフォトダイオードに入射され、それを電気変換した出力を平均値検出回路31に印加する。

【0009】 該平均値検出回路の出力電圧を第二の誤差増幅器35に印加し、光出力波形が正常な時の平均値検出回路の出力電圧である、第二の基準電圧との誤差電圧を生成し、該誤差電圧を第一の電流源回路12のパルス電流制御端子に印加して、光出力波形の振幅を一定に保つ。

【0010】 また、レーザーモジュールが有する温度検出器23が出力する、温度変化に対応した電圧を第三の誤差増幅器36に印加し、常温の時の温度検出器の出力

## 3

電圧である第三の基準電圧との誤差電圧を生成し、該誤差電圧を第二の電流源回路13のバイアス電流制御端子に印加して、温度変動によるレーザーダイオードの電流－光出力特性の変動を抑圧する。

【0011】図9は、従来の光出力波形安定化回路の動作を説明する図で、レーザーダイオードの変換効率が変化した場合の動作を説明する図である。図9において、縦軸は光出力パワー、横軸はレーザーダイオードの電流を示す。斜めの線aは通常の電流－光出力パワー特性（この傾斜が変換効率である）、斜めの線bは変換効率が変化した場合の電流－光出力パワー特性である。今、バイアス電流を図9のI<sub>b</sub>に設定し、パルス電流を図9のI<sub>p</sub>に設定すると、特性aに対応して光出力信号は図にcで示す振幅になる。特性がbに変化すると光出力信号は図9のdに示す振幅に変化する。変化した信号の平均値を第二の誤差増幅器に印加して、誤差電圧をパルス電流制御端子に帰還することによって、パルス電流はI<sub>p</sub>'に変化し、光出力信号の振幅はeになり、特性aに対応した振幅cと等しい振幅に制御される。

【0012】図10は、従来の光出力波形安定化回路の動作を説明する図で、温度変動でレーザーダイオードのスレショルド電流が変動した場合の動作を説明する図である。

【0013】図10において、縦軸、横軸は図9と同様で、斜めの線aも図9と同様である。斜めの線fは温度変動で変化したレーザーダイオードの電流－光出力特性である。温度の変化に対応して、温度検出器が出力する電圧を第二の誤差増幅器に印加し、第二の基準電圧との誤差電圧を生成し、該誤差電圧を第二の電流源回路のバイアス電流制御端子に印加することにより、バイアス電流はI<sub>b</sub>からI<sub>b</sub>'に変化する。即ち、当初c'であった光信号出力の振幅は、一旦d'に低下するが、バイアス電流の制御により、最終的にはe'となって、当初の光信号出力の振幅に等しくなる。

【0014】しかし、温度変動が原因でなく、例えば、第二の電流源回路の素子特性の変動や、電源変動などによってバイアス電流が変動した場合には、それらに対応したセンサーがないためバイアス電流を制御できず、その結果、出力波形に変化が生ずる。図示はしないが、特に、バイアス電流が低下した時には、光出力波形は下側をカットされて、上下非対称になり、かつ、振幅が減少する。この時、平均値検出回路の出力電圧に基づく誤差電圧が変化して、第一の電流源回路の電流を制御するので、光出力波形の平均値は正常な値に制御できるが、波形の上下非対称性は矯正されない。又、平均値のみを正常に戻すので、入力信号がローレベルにある時もレーザーダイオードが発光（通常ゼロ発光と呼ぶ）し、受信側での誤り率劣化の原因となる。

【0015】また、入力データ信号の上下対称性が変動した時にも光出力波形を一定に保つことができない。図

## 4

11は、入力データ信号の上下対称性が失われた場合の光出力波形の変化を示す図である。図11の(イ)は上下対称性が失われたデータ信号のアイダイアグラムにおいて、ハイレベルとローレベル間を移行する波形の交点が、ハイレベルとローレベルの中心点より低下した場合のアイダイアグラムを、正常な信号のレベルに一致させて表現したものである。このアイダイアグラムにおいては、波形の交点はハイレベルとローレベルの中心値より低いから、光出力波形の平均値が低下し、第一の誤差増幅器の出力をパルス電流制御端子に印加すると、平均値を増大させる方向に帰還の効果が生じ、(ロ)に示すように、平均値は元と等しいが、光出力振幅が元の振幅より大きくなって安定してしまう。逆に、波形の交点がハイレベルとローレベルの中心値より高くなった場合には、平均値電圧が上昇するため、第一の誤差増幅器の出力電圧をパルス電流制御端子に印加すると、平均値を減少させる帰還の効果が生じ、出力振幅は正常時より小さくなり、かつ、ゼロ発光状態になって安定する。

【0016】即ち、従来の光出力安定化回路では、波形の劣化を防止できない場合があつて望ましくない。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、かかる問題に対処して、電源変動、素子特性の変動、入力波形変動などがあつても、光出力波形を一定に保つ光出力波形安定化回路を提供することを目的とし、以て、光通信装置の安定性、信頼性の向上を図るものである。

【0018】

【課題を解決するための手段】図1は、本発明の原理を説明する、光送信装置の主要ブロック図である。図1において、1はレーザー駆動回路、2はレーザーモジュール、21は発光回路、22は受光回路、3は光出力波形安定化回路、31は平均値検出回路、32は尖頭値検出回路、33は演算回路、34aは誤差増幅器である。

【0019】本発明の特徴は、光出力波形安定化回路3に設けた平均値検出回路31、尖頭値検出回路32の出力電圧を、演算回路33に印加し、平均値検出回路の出力電圧と尖頭値検出回路の出力電圧とを用いて演算した出力を、誤差増幅器34aを介して、レーザー駆動回路に帰還する構成を設けたことにある。

【0020】ここで、演算回路は下記の原理に従って構成する。図2は、受光回路が有するフォトダイオードの出力電圧を、レーザーダイオードの電流－光出力特性と関係を持たせて示した図である。

【0021】図2のフォトダイオードの出力電圧において、V<sub>H</sub>は尖頭値電圧、V<sub>M</sub>は平均値電圧、V<sub>L</sub>は最低電圧である。従って、上記定義より

$$V_M = (V_H + V_L) / 2$$

が成立している。これを変形すれば

$$V_L = 2 \cdot V_M - V_H$$

という関係式を得る。

【0022】これより、図2のように $V_L = 0$ になれば、光出力波形は上下対称になり、かつ、ゼロ発光がなくなるので、波形矯正の必要はなく、この場合が受信側での誤り率特性が最もよくなる。

【0023】一方、光出力波形の上下対称性が失われた場合には、波形の矯正が必要になるが、この場合には $V_L \neq 0$ であるので、波形矯正のために $V_L$ を利用できる。即ち、演算回路は、光出力波形の平均値電圧の2倍と尖頭値電圧の差電圧に比例する電圧 $n \cdot V_L$ を生成するように構成する。

【0024】

【作用】発明の作用の説明に先立って、入力データ信号波形のアイパターンの上下非対称性に対する、参照電圧の影響を説明する。

【0025】まず、アイパターンが上下対称の場合には、当然波形の交点がハイレベルとローレベルの中心にある。これはとりもなおさず、参照電圧が論理レベルの中心値に一致していることを意味する。

【0026】今、参照電圧が上昇したとすれば、入力データ信号が通常より高いレベルにならなければハイレベルには移行せず、また、通常より高いレベルでローレベルに移行できるので、出力アイパターンはローレベル側に重心を移した形、即ち、出力波形の平均値は低下する。逆に参照電圧が低下すれば、出力アイパターンはハイレベル側に重心を移した形になり、出力波形の平均値は高くなる。

【0027】従って、上記 $n \cdot V_L$ を誤差増幅器34aに印加し、該誤差増幅器の基準電圧との誤差電圧をレーザー駆動回路の参照電圧設定端子に帰還すれば、出力波形の上下対称性を保つことができる。

【0028】即ち、出力波形の上下対称性が失われて、平均値電圧が低下した場合には、上記の $n \cdot V_L$ は負の電圧になる。一方、参照電圧が低下すると出力波形の平均値が高くなる。従って、 $n \cdot V_L$ の変化を参照電圧設定端子に与えることによって、出力波形の上下対称性を変化させることができ、この結果、上下対称性を保つことができる。逆に出力波形の平均値が高くなった場合には、上記 $n \cdot V_L$ は正の電圧になる。一方、参照電圧が上昇すると出力波形の平均値は低下するので、 $n \cdot V_L$ の変化を参照電圧設定端子に与えることによって、出力波形の上下対称性を保つことができる。

【0029】同時に、参照電圧の変動を抑圧することもできる。なぜなら、参照電圧が変動すると上記のように出力波形の上下対称性が変動し、その結果検出される $n \cdot V_L$ の変動を第一の誤差増幅器を介して参照電圧設定端子に帰還しているからである。

【0030】又、入力データ信号がローレベルの時のレーザーダイオードの電流、即ちバイアス電流を制御する端子、即ちバイアス電流制御端子に、上記 $n \cdot V_L$ の変化を帰還すれば、レーザーダイオードのバイアス電流の

変動に伴う出力波形変動を抑圧することができる。

【0031】即ち、バイアス電流が増加すると、出力波形はレベルの高い方にレベルシフトする。このため、上記 $n \cdot V_L$ は、レベルシフト分だけ正の電圧になるので、この変化と逆の変化をバイアス電流制御端子に与えることによって、バイアス電流を一定に保つことができる。バイアス電流の減少に対しても、同様な効果があることはいうまでもない。

【0032】同時に、レーザーダイオードのスレショルド電流が変化しても、 $V_L$ をバイアス電流制御端子に帰還することで、出力波形の変動を抑圧できる。

【0033】

【実施例】図3は、本発明の実施例を説明する、光送信装置のブロック図である。図3において、1はレーザー駆動回路、11は入力回路、12は第一の電流源回路、13は第二の電流源回路、14は参照電圧設定回路、2はレーザーモジュール、21は発光回路、22は受光回路、23は温度検出器である。又、3は光出力波形安定化回路、31は平均値検出回路、32は尖頭値検出回路、33は演算回路、34は第一の誤差増幅器、35は第二の誤差増幅器、36は第三の誤差増幅器である。

【0034】即ち、平均値電圧の2倍と尖頭値電圧の差電圧に比例する電圧 $n \cdot V_L$ を、第一の誤差増幅器34を介して、参照電圧設定回路14の参照電圧設定端子に帰還するとともに、平均値電圧を、第二の誤差増幅器35を介して第一の電流源回路12のパルス電流制御端子に、温度検出器23の出力電圧を、第三の誤差増幅器36を介して第二の電流源のバイアス電流制御端子に帰還している。

【0035】本来、参照電圧設定端子の電圧は、入力データ信号の論理レベルの中心の電圧 $V_L$ であるので、第一の誤差増幅器では $n \cdot V_L$ と $V_L$ の差に対応する電圧を生成する。又、本来、パルス電流制御端子の電圧は、正常に動作している場合の、入力回路が出力する信号の平均値電圧 $V_2$ に等しく設定するので、第二の誤差増幅器では、変動要因がある場合の平均値電圧と $V_2$ の差に対応する電圧を生成する。更に、本来、バイアス電流制御端子の電圧は、常温における温度検出器の出力電圧 $V_3$ と等しく設定するので、第三の誤差増幅器36では、温度が変化した時の温度検出器の出力電圧と $V_3$ の差に対応する電圧を生成する。

【0036】さて、平均値検出回路31の出力電圧の変化は、第二の誤差増幅器35を介して、第一の電流源回路のパルス電流制御端子に印加されて、出力波形の平均値を制御する。又、温度検出器23の出力電圧の変化は、第三の誤差増幅器36を介して、第二の電流源回路13のバイアス電流制御端子に印加されて、温度変動によるレーザーダイオードの電流-光パワー特性の変動を抑圧する。しかし、これだけでは、入力波形の上下対称性の変動／参照電圧変動による出力波形の上下対称性の

変動や、温度変動以外の原因によるレーザーダイオード特性の変動に対して、出力波形を一定に保つことができないことは既に述べた。

【0037】本発明の実施例の特徴は、出力波形の平均値電圧の2倍の電圧と尖頭値電圧の差電圧に比例する電圧を演算回路33において生成し、該生成された電圧の変化を第一の誤差増幅器34を介して、参照電圧設定回路14の参照電圧設定端子に帰還することにある。以下、この点を中心に説明する。

【0038】まず、平均値電圧の2倍と尖頭値電圧の差電圧を生成するための回路の構成例について述べる。図4は、平均値電圧の2倍と尖頭値電圧の差電圧を生成するための、演算回路の主要部の構成例である。

【0039】図4において、331は差動増幅器、332乃至334は抵抗である。差動増幅器に負帰還をかけた時の逆相利得を $(-G)$ とすると、同相利得は $(G+1)$ になることを利用して、 $(\text{抵抗}333\text{の値}) \div (\text{抵抗}332\text{の値})$ で与えられる $G$ を1に等しくすれば、同相利得は2に、差動利得は $(-1)$ なる。従って、抵抗333の値と抵抗332の値を等しくした、図4の回路の同相入力端子に平均値電圧を印加し、逆相入力端子に尖頭値電圧を印加すれば、平均値電圧の2倍の電圧と尖頭値電圧の差電圧を得ることができる。尚、ここでは、電圧源駆動を暗黙のうちに仮定している。又、抵抗334はこの回路の利得には無関係なので、一次的にはなくてもよいが、オフセット電圧を小さくするために、同相入力端子に直列に挿入するのが望ましい。

【0040】しかし、 $V_L$ を生成する回路の構成は上記に限られるものではなく、利得2と利得 $(-1)$ の増幅器に、それぞれ平均値電圧と尖頭値電圧を入力し、それらの出力端子を接続するなど、変形は限りなくある。これらのような回路の出力端子に、所要の利得を有する回路を接続すれば、平均値電圧の2倍と尖頭値電圧の差電圧に比例した電圧 $n \cdot V_L$ を生成する演算回路を構成できる。

【0041】さて、出力波形の上下対称性が失われ、平均値電圧が低下すると、演算回路の出力電圧 $n \cdot V_L$ は負になる。一方、参照電圧が低下すると出力波形の平均値がハイレベル側に移行する関係にあるので、前記 $n \cdot V_L$ の変化と同じ方向に変化する電圧を参照電圧設定端子に印加すれば、出力波形の対称性を保つように制御できる。従って、 $n \cdot V_L$ を第一の誤差増幅器の同相入力端子に印加し、逆相入力端子に前記第一の基準電圧電圧 $V_1$ を印加すれば、参照電圧設定端子には、 $V_1$ に $V_L$ の変化分を重畳した電圧を与えることができる。今の場合には、参照電圧を低下させる方向に帰還がかかるので、入力回路から第一の電流源回路12に印加されるデータ波形の平均値が上昇し、最終的には光出力波形の上下対称性を保つことができる。逆に出力波形の平均値が上昇すると、 $V_L$ は正になるので、第三の誤差増幅器の

出力電圧は $V_1$ より上昇し、これによって入力回路から第一の電流源回路に印加されるデータ波形の平均値が低下する方向に制御され、最終的には光出力波形の上下対称性が保たれる。

【0042】光出力波形の上下対称性が失われる原因には、入力データ信号の波形の対称性が失われている場合、入力データ信号の波形は正常でも参照電圧が論理振幅の中心値に対して誤差を持っている場合、レーザーダイオードのスレショルド電流が温度とは無関係に変化する場合（温度変化によるものならば、温度検出器からの電圧変化を帰還する回路が抑圧できる）、バイアス電流が変化してスレショルド電流より小さくなる場合などがある。本発明の実施例の光出力波形安定化回路によれば、原因の如何にかかわらず、波形の上下対称性の変化を抑圧できる。

【0043】その一例として、レーザーダイオードのスレショルド電流がバイアス電流より大きくなる場合について、図によって説明する。図5は、レーザーダイオードのスレショルド電流がバイアス電流より大きくなった場合に、波形の上下対称性と振幅を一定に保つ動作を説明する図である。この図では光出力波形のアイパターンにおける、信号がハイレベルとローレベルを交差する部分だけを示している。

【0044】図5のaはレーザーダイオードの電流-光出力特性である。図2に示したのと同様に、バイアス電流がスレショルド電流に等しければ、対称な入力波形に対して、光出力波形も対称になる（gで示している）が、バイアス電流が減少すると、入力データ信号のローレベル側でレーザーダイオードが発光しない。このために、光出力波形の上下対称性が崩れ（hで示している）、出力振幅が低下すると同時に、平均値電圧が低下し、演算回路の出力電圧 $n \cdot V_L$ も負の電圧になる。図3の回路構成は、出力信号の平均値の変化をパルス電流制御端子に帰還する機能を有しているので、平均値電圧の変化を打ち消そうとする作用が働き、同時に演算回路の出力電圧 $n \cdot V_L$ の変化を打ち消して0ボルトに戻そうとする作用が働くので、最終的には、光出力波形は振幅も上下対称性も保たれる（iで示している）。この場合、バイアス電流はそのまま、パルス電流が $I_p$ から $I_{p'}$ に変化し、図示していないが、参照電圧が変化して、波形を保つわけである。

【0045】又、電源変動などで参照電圧が変動すると、入力回路から第一の電流源回路に印加されるデータ信号波形の上下対称性が変化する。この変化は、上記と同様に、演算回路の出力電圧 $n \cdot V_L$ の変化として検出でき、この変化と同じ方向に変化する電圧が参照電圧設定端子に帰還されるので、参照電圧の変動を抑圧することができる。

【0046】図6は、本発明の第二の実施例を説明する、光送信装置のブロック図である。図6において、符

【0052】①入力波形が上下非対称でも、出力波形は上下対称になる。

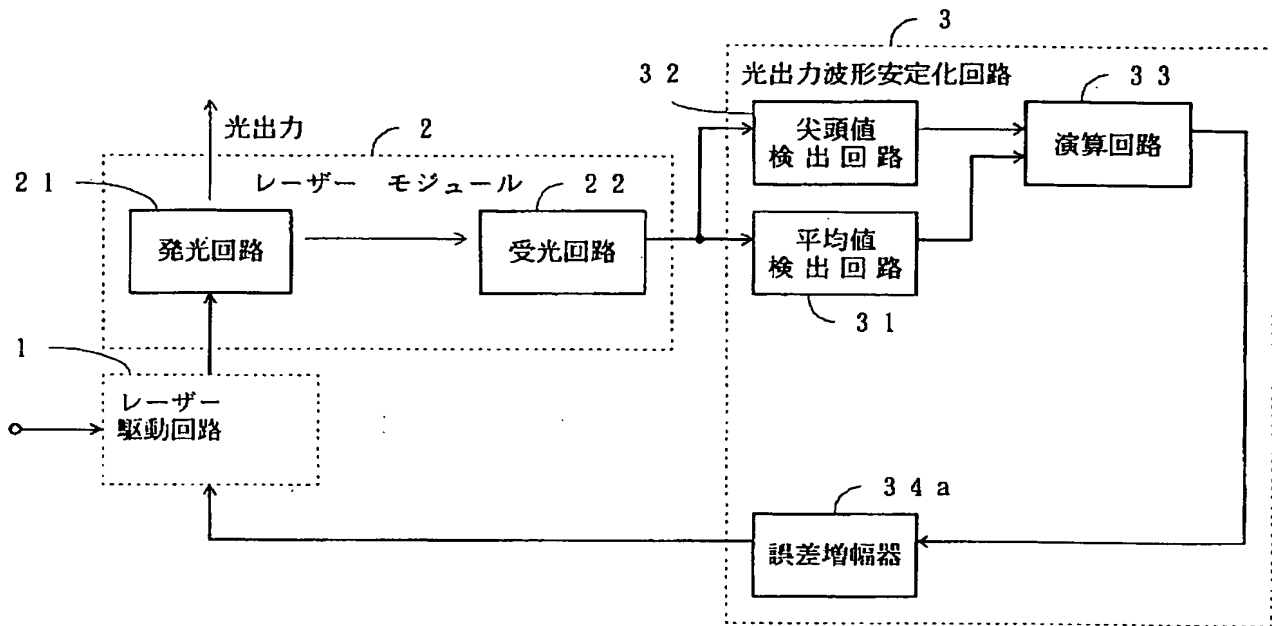
【図 11】 データ信号の上下対称性が失われた場合の、光出力波形の変化を示す図。

## 【符号の説明】

- |     |           |       |            |
|-----|-----------|-------|------------|
| 1   | レーザー駆動回路  | 3     | 光出力波形安定化回路 |
| 2   | レーザーモジュール | 3 1   | 平均値検出回路    |
| 2 1 | 発光回路      | 3 2   | 尖頭値検出回路    |
| 2 2 | 受光回路      | 3 3   | 演算回路       |
|     |           | 3 4 a | 誤差増幅器      |

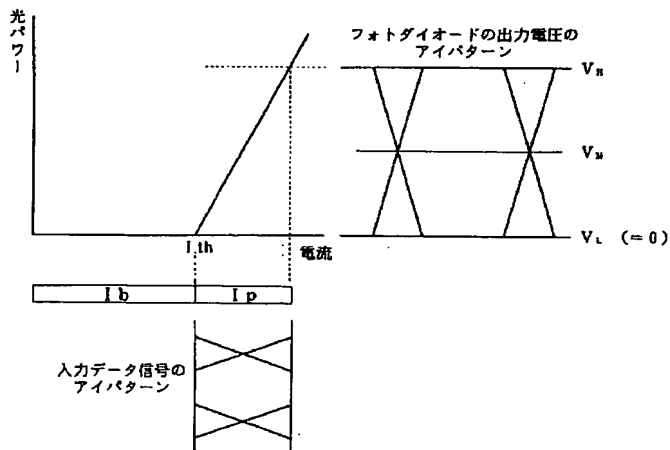
【図 1】

本発明の原理を説明する、光送信装置の主要ブロック図



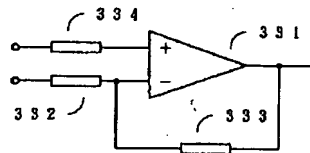
【図 2】

フォトダイオードの出力電圧を、  
レーザーダイオードの電流-光出力特性と関係を持たせて示した図



【図 4】

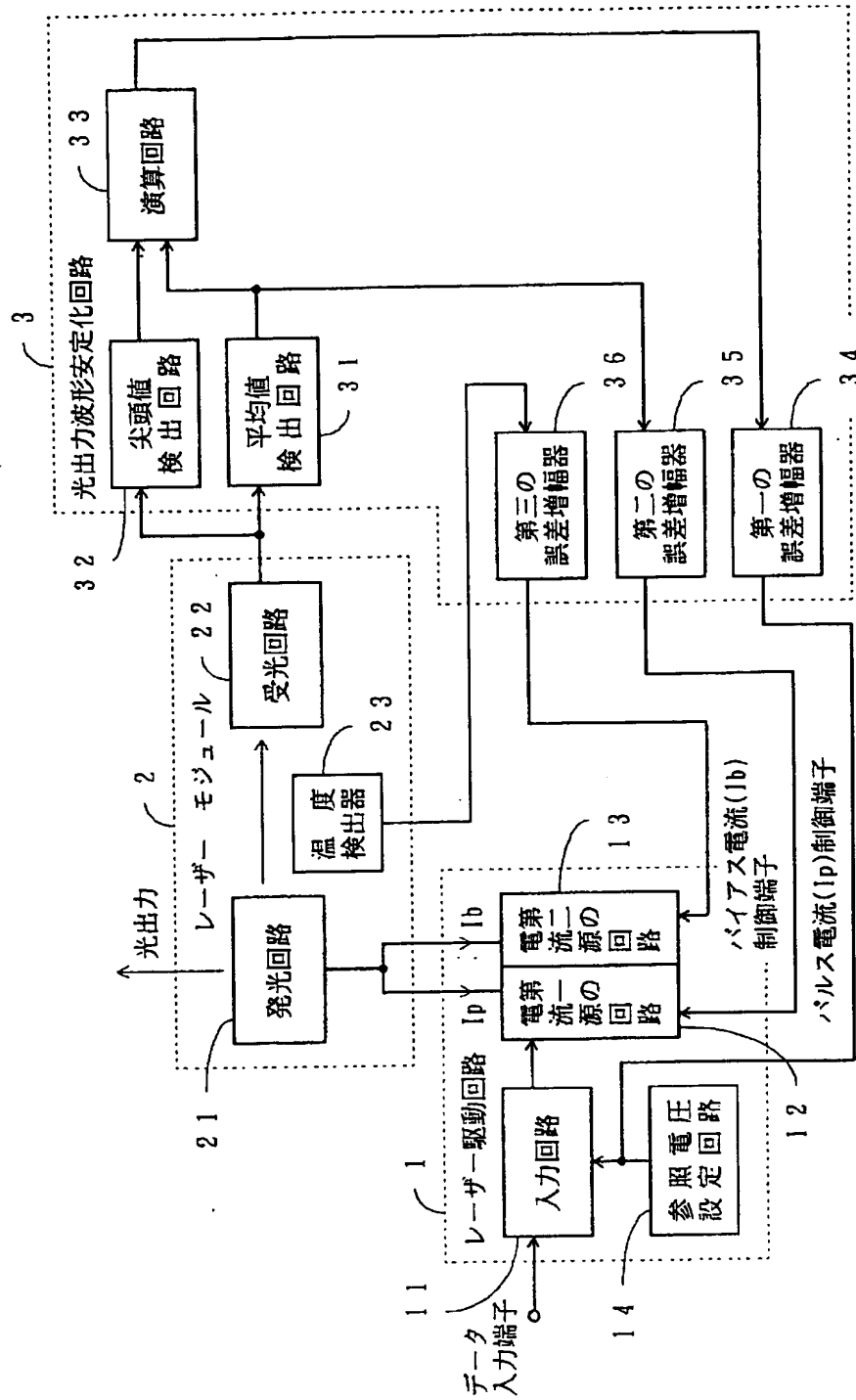
演算回路の主要部の構成例





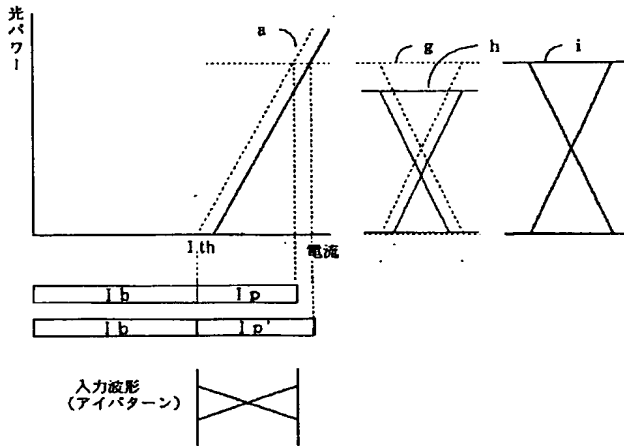
【図 3】

本発明の実施例を説明する、光送信装置のブロック図



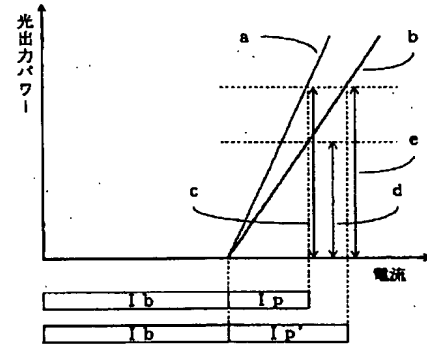
【図5】

レーザーダイオードのスレシヨルド電流が変化した場合の、  
波形の対称性と振幅を一定に保つ動作を説明する図



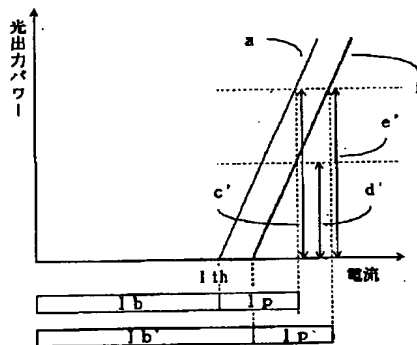
【図9】

従来の光出力波形安定化回路の動作を説明する図-①  
変換効率が変動した場合



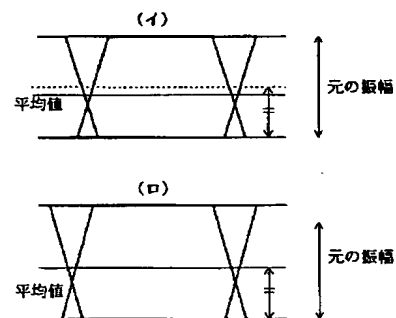
【図10】

従来の光出力波形安定化回路の動作を説明する図-②  
温度変動でスレシヨルド電流が変動した場合



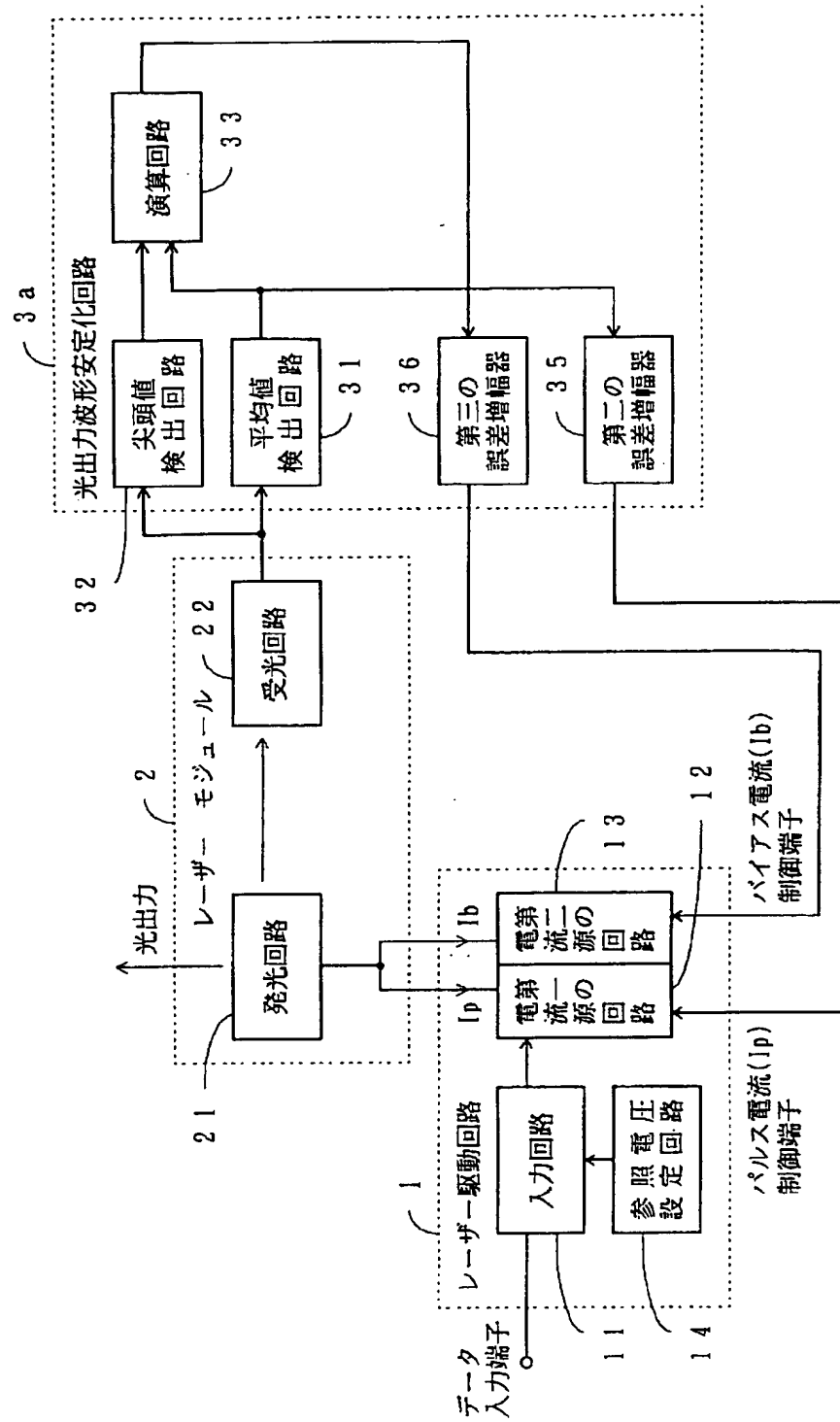
【図11】

データ信号の上下対称性が失われた場合の、光出力波形の変化を示す図



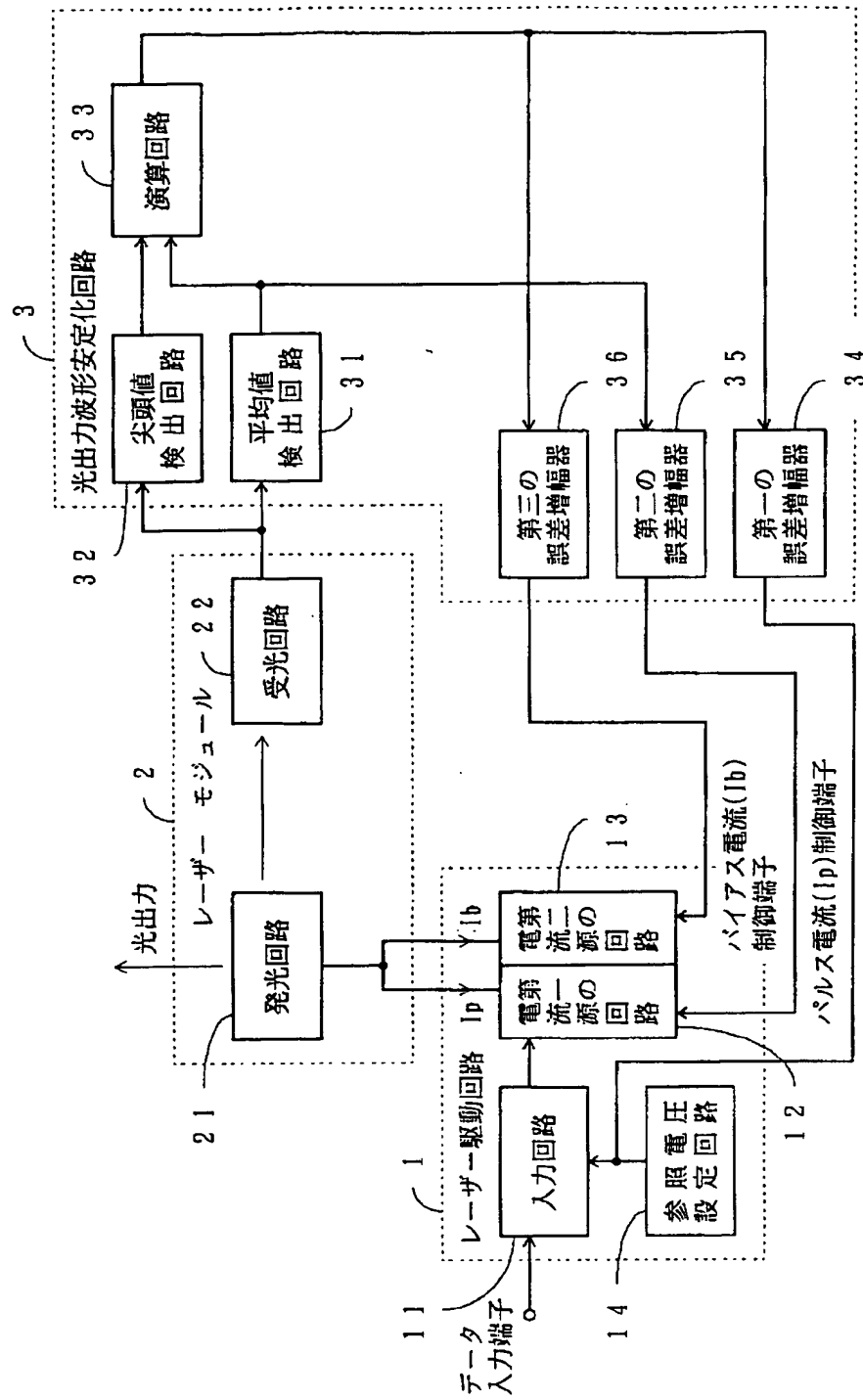
【図 6】

本発明の第二の実施例を説明する、光送信装置のブロック図



【図7】

本発明の第三の実施例を説明する、光送信装置のブロック図



【図8】

従来の光出力波形安定化回路の動作を説明する、光送信装置のブロック図

